Redalyc
Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Romero Valdez, Manuel Enrique;Córdova Duarte, Gabriel;Hernández Gallardo, Elizabeth Odalmira

Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero

Acta Universitaria, Vol. 19, Núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 11-19
Universidad de Guanajuato
México

Disponible en: http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41611810002

Acta Universitaria
ISSN (Versión impresa): 0188-6266
vargase@quijote.ugto.mx
Universidad de Guanajuato
México

¿Cómo citar? | Número completo | Más información del artículo | Página de la revista

www.redalyc.org
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero

Manuel Enrique Romero Valdez, Gabriel Córdova Duarte* y Elizabeth Odalmira Hernández Gallardo***

RESUMEN

El estudio precisó la técnica de producción de forraje verde hidropónico (FVH) y su aceptación en ganado lechero. La producción se realizó en un invernadero con capacidad para 1 440 charolas de 40 x 60 cm. La semilla de cebada y las charolas se desinfectaron, luego se mezclo paja de trigo con el grano de cebada, esa mezcla se ubicó en charolas que se colocaron inclinadas en estantes verticales. Las charolas se regaron por goteo, dos minutos cada dos horas. La producción obtenida a los ocho días fue de 3,8 kg de FVH por charola y el costo del kg de FVH fue de $ 1,09. A las vacas en producción se les ofreció 4,5 kg de FVH mezclados con otros alimentos sin presentarse problemas de rechazo. Se concluye que la técnica empleada es adecuada para obtener una buena producción de FVH que no es rechazada por el ganado lechero.

ABSTRACT

This study presents a technique for producing hydroponic green forage (HGF), and its acceptance by dairy cattle. Production was carried out in a greenhouse with a capacity for 1 440 trays of 40 x 60 cm. The trays and barley seeds were disinfected, then wheat straw was mixed with oat grain and placed in the trays, which were placed inclined in vertical shelves. The trays were drip-watered for two minutes each two hours. After 8 days, 3,8 kg/tray of forage had been produced, at a cost per kg of $ 1,09. Lactating dairy cows were fed 4,5 kg of HGF mixed with other feeds, without any rejection problems. It was concluded that the technique used to produce HGF was adequate for a good production of fresh forage that would be accepted by dairy cattle.

Recibido: 11 de Septiembre de 2008
Aceptado: 2 de Abril de 2009

INTRODUCCIÓN

El estado de Guanajuato se caracteriza por su enorme gama de especies agrícolas que se cultivan, en la actualidad se estima que comercialmente se siembran más de 100 especies agrícolas con distintos fines. Ese formidable espectro de cultivos enfrenta una serie de problemas entre los que se encuentran los siguientes, según Galván (2002):

Escasa disponibilidad del agua de riego, ya que se calcula un abatimiento de los mantos acuíferos superior a los tres metros por año, lo que impacta fuertemente los costos de producción; una situación similar presentan las aguas almacenadas, que no logran captar el volumen requerido, debido por un lado a la baja precipitación y por otro, al uso agrícola ineficiente de dicho recurso.

La baja productividad de los suelos se refleja en que el 100% de ellos presenten algún grado de erosión, lo que impacta negativamente su productividad, a lo que se suma la falta de materia orgánica, pues los suelos de uso agrícola tienen menos del uno por ciento, lo que afecta su capacidad de retener humedad, estimula la compactación y aumenta la erosión, además de aumentar los efectos negativos de la sequía. Otro factor que afecta la producción agrícola son los organismos parásitos y las enfermedades, lo que se refleja en los elevados consumos de agroquímicos que afectan el ambiente.

Palabras clave:
Forraje verde hidropónico; Técnica; Aceptación; Ganado lechero.

Keywords:
Green hidroponic forage; Technic; Dairy Cattle; Acceptance.

* Académicos de la División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato- Salamanca de la Universidad de Guanajuato. Correo electrónico: enriquer@correo.ugto.mx.
** Departamento de extensión.

A pesar de esos inconvenientes la agricultura enfrenta otra situación aún más neurálgica: los fenómenos climáticos, como la sequía y las heladas tempranas. El efecto de esos fenómenos, no obstante que se han disminuido, en la agricultura a campo abierto aún no se han podido controlar plenamente, lo que se manifiesta en que, entre 1992 y 2001, la superficie siniestrada en el estado fuera del 17%, considerado siniestro la pérdida total de la cosecha. Indicado por Galván (2002).

Esa serie de problemas, que desafía la agricultura, también afecta a la ganadería, pues la relación entre ambas se establece desde el momento en que las diversas especies pecuarias demandan para su alimentación, granos y forrajes en cantidad y calidad adecuada. En el Estado se estima que se explotan 1,6 millones de cabezas de ganado, mismas que demandan alrededor de 5 millones de toneladas de forraje henificado al año. (Rivera *et al.*, sf)

Si se considera que en la entidad se producen alrededor de un millón de ton de alfalfa, 140 mil ton entre avena, cebada, maíz, pastos y praderas forrajeras y 2,3 millones de ton de esquilmos de sorgo, maíz y trigo, entonces se estima un déficit de 1,6 millones de (toneladas) de forraje al año. Lo que implica una alimentación insuficiente a los hatos, a lo que se suma la mala calidad del forraje consumido y el hecho de que una parte de la producción de forraje se exporta hacia otros estados, por lo que el déficit de pasturas podría ser aun mayor que el estimado (Rivera *et al.*, sf).

Dentro de las alternativas a dicha situación se encuentra el empleo de la plasticultura y más específicamente de los invernaderos, pues éstos propician las condiciones para obtener cultivos que hagan un uso más eficiente del agua, disminuyen al máximo el efecto de los factores climáticos, además de proporcionar una producción constante y de excelente calidad a través del año, en espacios reducidos, factores que por sí solos justifican su empleo. Esa alternativa, hasta el momento, ha sido mayormente aplicado en hortalizas y flores; en las primeras, en cultivos como jitomate (Gil y Miranda, 2000), chile pimiento, pepino y fresa. Sin embargo, una opción importante es el empleo de los invernaderos para la producción de forraje verde hidropónico (FVH), que puede proveer de forraje en cantidad y calidad a todo tipo de ganado, especialmente al ganado lechero, que es donde se requieren respuestas rápidas a las necesidades de producción de leche.

Debido a que la producción de FVH es relativamente nueva, existen problemas sobre la precisión de la técnica, de tal manera que esa técnica sea eficiente en la producción y evite la presencia de hongos, lo que finalmente puede afectar negativamente la producción, por lo que el presente trabajo se busco: precisar la técnica de producción de FVH para obtener una elevada producción, y, establecer el grado de aceptación de dicho forraje en la producción de un hato de ganado lechero típico de la región Bajío.

VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Se conoce como FVH, al producto obtenido de la germinación de semillas de cereales o leguminosas en una cámara cerrada controlada ambientalmente (Valdivia, 1996). El FVH se emplea menor cantidad de agua para su producción; presenta menos problemas de plagas y enfermedades; produce forraje diariamente durante todo el año y se puede programar su producción con base en la demanda; no requiere de grandes superficies de tierras, ni períodos largos de producción, tampoco alguna forma de conservación y almacenamiento; está protegido de las lluvias, de las bajas temperaturas y de la exposición directa de los rayos del sol; es consumible en su totalidad, con raíces, tallos, hojas y restos de semillas (Tarrillo, sf), es además una opción en lugares con poca disponibilidad de agua, tierras no aptas para el cultivo o en climas extremosos (Rodríguez *et al.*, 2003).

Se pueden emplear diversos tipos de semillas para la producción de FVH como es el caso de la cebada, trigo, avena, arroz o maíz, dependiendo de las necesidades del productor (Ceballos y García, 1992).

El costo de producción de FVH, por concepto de superficie es 10 veces menor que el de una superficie para la producción de cualquier forraje en espacios abiertos, lo que se ejemplifica con el dato de que 75 m^2 de producción de FVH tienen el equivalente de 3 ha de terreno agrícola para la producción de alfalfa (Tarrillo, sf), esa ventaja es debida a que el FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical, lo que optimiza el espacio útil (FAO, 2001).

El FVH se ofrece tierno a los animales, es un germinado muy rico en vitaminas, especialmente la A y E, tiene grandes cantidades de carotenoides, cuyo contenido puede variar de 250 a 350 mg por kg de materia seca (MS), posee una elevada cantidad de hierro, calcio y fósforo, alta digestibilidad, puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa, además es muy apetecible (Valdivia, 1996, citado por Rodríguez *et al.*, 2003), su aspecto, sabor, color y textura le confieren una elevada palatabilidad a la vez que aumenta la asimilación de otros alimentos.

El ciclo de producción del FVH se ubica entre seis y nueve días, dependiendo del tipo de semilla que se emplee, la conversión de semilla a pasto es de un kg de semilla por aproximadamente siete kg de forraje y su valor nutritivo es tal que un kg de FVH reemplaza entre (3,1 y 3,4) kg de alfalfa verde (Valdivia, 1996). Además, para alimentar diariamente a una vaca lechera en producción son suficientes de (16 a 18) Kg de FVH en base fresca (Lomelí, 2000).

La técnica del FVH emplea menos de dos litros de agua para producir un kg de forraje, lo que equivale a 8 litros de agua para promover un kg de materia seca de FVH (considerando un 25% de materia seca del FVH), cantidad notablemente menor a los (635, 521, 505, 372 y 271) litros de agua/kg. de materia seca de la avena, cebada, trigo, maíz y sorgo, respectivamente, sembrados a campo abierto (Rodríguez *et al.*, 2003; Carambola y Terra, 2000). Una unidad hidropónica produce alimento para los animales a la mitad del costo convencional; los costos de insecticidas, fertilizantes, maquinaria para el cultivo y labores culturales necesarias son diez veces menor en este forraje que en el cultivo tradicional del forraje (Howard, 1992).

El FVH puede emplearse en la alimentación de bovinos, caprinos, ovinos, cerdos, gallinas, caballos, pavos y avestruces y en todos ellos puede significar buenas ganancias de peso, el inconveniente es el bajo contenido de materia seca, lo que puede resolverse agregando diversos rastrojos para complementar la ración (Rodríguez *et al.*, 2003). Las mejoras más notables son en la alimentación, la reproducción y la sanidad animal, pues cuando a los animales se les provee de FVH aumentan la producción de leche, se eleva el contenido de grasa y sólidos totales, se presenta una rápida ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, reducción de días vaca-vacía, menor incidencia de mastitis y menor retención de placenta, entre otras (Tarrillo, sf).

REQUERIMIENTOS DE LA PRODUCCIÓN DEL FVH

Para obtener FVH es indispensable contar con un período de luz, ya sea natural o artificial, de (13 a 16) horas. Por ello, el módulo de producción se puede desarrollar en un área techada que puede ser una bodega o un cobertizo, pero es deseable una infraestructura con dimensiones que cubran los espacios para las bancadas donde se localizan las charolas. El espacio cubierto, dependerá del tamaño del módulo y del número de charolas o bancadas a trabajar.

Uno de los inconvenientes de la producción del FVH es el elevado costo inicial del invernadero, sin embargo, éste es rentable debido a la alternativa que ofrece y su equipamiento podrá hacerse en medida y tamaño conforme las necesidades de cada productor.

El sistema de riego es fundamental, pues es necesario que la semilla pregerminada cuente con suficiente agua de riego hasta su cosecha. El riego puede ser manual o automático, pero siempre deberá ser en la parte superior con el propósito que el agua vaya recorriendo cada charola hasta la parte inferior, permitiendo la oxigenación para finalmente depositarse en el tanque de retorno para su reciclado.

Es muy importante que se defina la cantidad de agua y la frecuencia de los riegos, normalmente la frecuencia e intervalo es de 6 a 9 riegos con una duración no menor a 2 minutos, para mantener el grado de humedad y evitar los excesos de humedad que generen la presencia de enfermedades (FAO, 2001).

Las charolas utilizadas pueden ser de diversos materiales, destacando las de polietileno, por su costo, facilidad de limpieza y peso. La colocación y número dependerá del tamaño de la bancada, pero siempre se debe dejar una pendiente del orden del 2%. La distancia entre las bancadas, ya sea sencilla o doble, deberá dejarse un pasillo de un metro, para el tránsito de colocación y recolecta de charolas sembradas o con cosecha.

El tanque de retorno es otro de los elementos básicos de la producción de FVH, su capacidad dependerá del tamaño del módulo o número de charolas, pero una regla general para su volumen es de 10 litros por charola. Se requiere además contar con un sistema de filtrado para impurezas, ya que el retorno arrastra al depósito diversos componentes como tierra, basura y diversa materia orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló del primero de octubre al 30 de noviembre del 2007 en la comunidad "La Magnolia", ubicada en el municipio de Abasolo, Guanajuato a 101^0 31´ 38´´ de Longitud Oeste, 20^0 27´ 44´´ de Latitud Norte y una altura de 1 710 msnm (Montesinos 1983), dicha comunidad está conformada por una asociación de productores de ganado lechero. La asociación ganadera cuenta con 155 vacas lecheras entre vacas en producción, vacas preñadas y vacas secas.

El programa de producción de FVH inició en un invernadero de 7,10 m. de ancho por 30 m de largo, por 3,5 m de altura, con cubierta plástica y malla sombra, que permitió reducir la cantidad de radiación solar en un 25 %.

En su interior se colocaron estructuras metálicas con PTrs de una pulgada, soldadas en forma de prisma rectangular con 2,40 m de largo x 1,20 m de ancho y 1,70 m de alto, conformada por 5 niveles separados a 45 cm cada uno de ellos (figura 1).

Figura 1. Dimensiones de los módulos para la colocación de las charolas de producción de forraje

Preparación del amortiguador

Como amortiguador y distribuidor de humedad se empleo la paja de trigo, misma que se molió en un molino eléctrico con una malla de ¾ de pulgadas. La paja fue almacenada y preparada para ser utilizada en la mezcla de grano/paja.

Manejo del cultivo

En el proceso seguido para el manejo del cultivo se adquirió la semilla de cebada, se desinfectó (con cloro a granel, diluido al 0,05%) tanto la semilla como las charolas, éstas se ubicaron en los estantes, después se colocó la semilla y la paja (600 g/charola más 200 g de paja), se mezclaron y regaron. La densidad de siembra utilizada fue de 2,5 kg/m^2. En cada sector se utilizaron cinco módulos alineados para conformar una unidad de riego (figura 2).

Por cada sector se ubicaron charolas de (40 x 60) cm y por cada nivel se colocaron 60 charolas que multiplicadas por los 4 niveles utilizados arroja una cantidad de 240 charolas por sector de riego; la cantidad total que se emplearon en todo el macrotunel para la producción de forraje verde hidropónico fue de 1 440 charolas. Para el sistema de producción se empleó el sistema de riego por goteo, con cintilla de calibre 6000

Figura 2. Vista de colocación de los sectores de riego.

y con separación de los goteros de 10 cm, lo que permitió manejar 3 goteros por charola de producción. En la tabla 1 se muestra la relación entre la presión de operación del sistema y el flujo proporcionado por la cintilla de riego y en la figura 3 se presenta de manera más elocuente las características hidráulicas del sistema de riego por goteo.

Tabla 1.
Relación entre el gasto en litros por hora (LPH) y la presión de operación del sistema de riego por goteo en libras por pulgada cuadrada (PSI) de la cintilla de riego ROBERTS calibre 6000, con separación a 10 cm entre goteros.

Presión de Operación		**Flujo del Sistema del Riego**	
Bar	PSI	LPH	LPH/100 m
0,41	6,0	0,83	830
0,55	8,0	1,02	1 020
0,68	10,0	1,14	1 140
0,82	12,0	1,25	1 250
0,95	14,0	1,44	1 140
1,02	15,0	1,50	1 500

La ecuación obtenida para este sistema de riego por goteo, fue la siguiente:

$$q = 0{,}2692\ (H)^{0.6306}$$

$$R^2 = 0{,}99 \qquad C.V.= 4{,}23\ \%$$

El tiempo de riego empleado fue de 2 minutos cada 2 horas por sector, aplicándose 12 riegos durante un día con un total de 24 minutos/día/riego/sector, la presión de operación utilizada en el sistema de riego por goteo fue de 15 PSI (Pound Square Inch) (libras

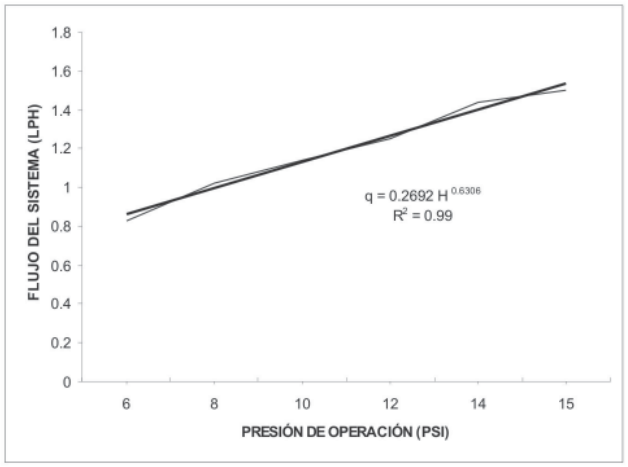

Figura 3. Comportamiento del flujo en LPH proporcionado por el riego por goteo tipo "cintilla" en relación con la presión de operación en PSI.

por pulgada cuadrada) y que al sustituir en la ecuación la carga de operación H = 15 PSI, proporcionando un gasto de q = 1,5 litro/hora y 0,6 litros aplicados durante los 24 minutos/día de operación del sistema de goteo. En cada charola se colocaron 3 goteros, los cuales aplicaron 1,8 litros/día/charola. En la figura 4 se aprecia la colocación del sistema de riego por goteo tipo cintilla.

Para evitar problemas de falta de uniformidad en la distribución del agua en la charola se utilizó paja de trigo molida, en una mezcla de paja/grano de 200 g de paja por 600 g de grano de cebada, dicha mezcla se distribuyó a lo largo y ancho de la charola, éstas tenían una inclinación de 1,0 cm (1,5% de pendiente) lo que garantizó un escurrimiento adecuado favoreciendo una distribución más uniforme sin provocar encharcamientos, las charolas se perforaron en su parte inferior para facilitar el drenado. Realizada la siembra y colocadas las charolas en los módulos, se aplicó el riego diario. El tiempo de producción de la siembra a la cosecha fue de (8 – 10) días en promedio.

Aceptación del FVH

Una vez alcanzada la altura del follaje, se pesó la producción obtenida en cada charola que se utilizó para alimentar al ganado lechero como parte de las pruebas de aceptación en la Figura 5 se observa el equipo empleado para mezclar los alimentos proporcionados al hato ganadero. Se ofreció al ganado mezclando el FVH con ensilado de maíz, concentrado, alfalfa ensilada y paja de sorgo. La producción fue programada para alimentar diariamente 110 vacas en producción, con una cantidad aproximada de 4,5 kg de FVH en base fresca, ya que fue la ración asignada a cada vaca en producción, esto fue obligado por el total de charolas diarias, que fue del orden de 140 aproximadamente por día.

El costo del FVH se determinó con base en la cantidad requerida por charola y su conversión a un kg de FVH, basándose en la producción de 9 kg de FVH por charola. Se calculó el costo de la semilla, considerando un kg por charola a $2,15/kg; el empleo de 6,92 litros de agua a 0,17 centavos/litro; el desinfectante empleado fue a razón de 250 ml para el total de charolas, a un costo de 0,95 centavos/charola; el jornal de mano de obra a $5/charola/8 días. El costo de la inversión inicial e infraestructura fue de $186 685,25 valor que se amortizó a siete años, considerando una producción de 504 kg/día en un lapso de un año.

Figura 4. Colocación del sistema de riego por goteo a lo largo de los módulos de producción de FVH y la distribución de la humedad generada a lo largo y ancho de las charolas de germinación.

Figura 5. Equipo utilizado por el productor para obtener una mezcla más uniforme en la alimentación del ganado lechero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Infraestructura y equipo del invernadero.

En el estudio se empleó un invernadero con dimensiones de 7,10 m. de ancho por 30 m de largo; sin embargo, dichas medidas y superficie dependen de las necesidades del productor, como ejemplo Lomelí (2000), en una superficie de 11,6 m^2 produjo 112 kg de forraje verde/día a partir de 22 kg de semilla de trigo, empleando un total de 120 charolas; otros estudios manejan el invernadero tipo de 8 m de ancho por 18 m de longitud. Se recomienda que el invernadero esté cerca del área de suministro de alimento de los animales, así como la funcionalidad de las instalaciones del agua y de la energía eléctrica.

El piso debe ser de concreto, para que el manejo de la explotación se facilite y no tener un exceso de humedad. Se sugiere que los módulos sean de 0.80 m de ancho por 18 m de largo, separados entre si por corredores de un metro de ancho, buscando facilitar las labores de siembra, cosecha y limpieza.

Las charolas utilizadas fueron de (40 por 60) cm, con una profundidad de 3 cm, sin embargo, otros trabajos reportan charolas de menores dimensiones, pero éstas dependen del tipo de charola que se consiga en el mercado.

2. Manejo del cultivo.

En el trabajo se empleó semilla de cebada, lo que concuerda con Valdivia (1996), Lomelí (2000), Ceballos y García, (1992), al indicar que la semilla más empleada es de maíz, cebada, trigo y sorgo; los mismos autores indican que la semilla seleccionada debe ser de cereales o leguminosas sin malezas y libre de plagas y enfermedades, no debe estar tratada con fungicidas o preservantes, además de estar libre de semillas partidas, pues producen hongos. La humedad deseable del grano es del 12% y debe haber tenido un reposo para que se cumpla con los requisitos de madurez fisiológica.

Existen diversas opiniones sobre el tipo de semilla a emplear, pues Lomelí (2000), decidió utilizar semilla de trigo sobre maíz, sorgo, cebada, avena y lenteja, debido a que el maíz tarda más en el proceso de producción; el sorgo rinde menos que el trigo y existía la probabilidad de concentraciones letales de ácido prúsico para el ganado; la cebada rindió 5% más que el trigo en el mismo lapso de tiempo (8 días) pero su contenido en proteína era menor que éste; la avena presentó una germinación heterogénea; la lenteja rindió 20% menos que el trigo, además de que el precio de adquisición es alto; el trigo presentó una germinación uniforme, su alto contenido de proteína, disponibilidad todo el año y bajo costo de adquisición.

En el presente trabajo la semilla se sembró directamente, no obstante Rodríguez *et al.*, (2003), indica que después de ser lavada recibe un tratamiento para el inicio de la actividad enzimática y aceleramiento de la germinación, se humedece durante 24 horas y se drena el agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposar durante 48 horas, en recipientes debidamente tapados para mantener la humedad ambiental alta, enseguida es pasada a un cuarto donde germinará en charolas, permaneciendo de 2 a 3 días con riego controlado.

3. Sistema de riego y amortiguadores

El sistema de riego por goteo tipo cintilla junto con el uso de la paja molida representó varias ventajas: mejoró la aplicación del agua de riego; aumentó la producción de FVH de manera más eficiente, alcanzando tasas en el uso del agua del orden del 500% superiores a otras formas de producción de forraje, como el caso de la alfalfa. Sin embargo, Lomelí (2000), empleó un sistema de riego por nebulización accionado automáticamente por un controlador electrónico, obteniendo excelentes producciones, por lo que es deseable mejorar el sistema de riego empleado.

En la producción de FVH del presente trabajo, la innovación en la utilización de la mezcla paja/grano propició que el riego aplicado con goteo se distribuyera uniformemente en las charolas de producción, como se aprecia en la figura 6, pues de no usarse se filtra mucho el agua y en ciertas áreas de la charola no germina la semilla, por lo que es deseable que cuando se utilice el sistema de riego por goteo en la producción de FVH será necesario mezclar paja fina para que se facilite la distribución de la humedad en las propias charolas.

Como ejemplo de la eficiencia en el consumo de agua de riego, es el hecho de que se puede alcanzar tasas de uso del agua (TUA) del orden de 3,6 kg de forraje verde hidropónico con la aplicación de 14,4 litros de agua de riego aplicado (TUA = 1kg de FVH/ 4 litros de agua de riego), lo que significa que por cada m^3 de agua de riego se alcanzan producciones del orden de 250 kg de FVH de cebada contra 5 kg/ m^3 de agua de riego para la producción de alfalfa verde (coeficiente de transpiración de 584 kg de agua por kg de alfalfa seca (Aguilera y Martínez,1996).

Figura 6. Preparación y desarrollo del forraje manejado con riego por goteo.

El tiempo de riego empleado fue de 2 minutos cada 2 horas por sector, aplicándose 12 riegos durante un día con un total de 24 minutos/día/riego/sector, mencionado por Romero (2009).

4. Producción de FVH

Durante el primer día las charolas alcanzaron a humedecerse; al segundo día, el grano se hinchó; en el tercer día inicia la germinación, poco uniforme, debido al tiempo que transcurre en empaparse las charolas por el riego por goteo; durante los siguientes días el crecimiento fue uniformizándose y alcanzando los siguientes valores promedio: (3,5, 5,9, 8,6, 12,3, 15,0) cm en los días (4, 5, 6, 7 y 8) días, respectivamente. La altura promedio del forraje para la cosecha fue de (15 a 20) cm, siendo el estado fenológico más adecuado para almacenar el contenido de nutrientes al máximo, con ello se asegura un alto contenido energético, protéico y de nutrientes digestibles totales por su bajo contenido de fibra.

El tapete formado por la relación paja/grano reventado y el sistema radicular del follaje alcanzó un espesor de 2,5 cm aproximadamente, tornándose de un color blanquecino lo que garantizó la sanidad del tapete, como se aprecia en la figura 8, y una excelente producción como se observa en la figura 7.

Para facilitar la recolección de la producción del FVH es recomendable que los tapetes de producción se enrollen y posteriormente desmenuzar el forraje antes de proporcionarlo a los animales en sus comederos.

El forraje producido debe ser ingerido el mismo día de cosecha, lo que no impide almacenarlo por más

Figura 7. Crecimiento alcanzado por el forraje verde hidropónico con riego por goteo.

Figura 8. Se aprecia el tapete conformado por la relación paja/grano/sistema radicular, así como su sanidad.

tiempo, con un suministro de agua, el FVH puede durar de (2 a 3) días más, pero no se recomienda extender el tiempo de cosecha, pues el contenido nutricional empieza a alterarse significativamente y pierde mucho valor nutritivo (Valdivia, 1996). El FVH se debe ofrecer combinado con otros alimentos de tal forma que la ración sea completa.

La producción obtenida en cada charola presentó, en promedio, un valor de 3,6 kg/charola, destinándose la producción de 140 charolas/día (504 kg/día de forraje) para la alimentación de 110 vacas en producción.

5. Costo del kg de FVH

La inversión para producir un kg de FVH fue la siguiente: costo de la semilla de cebada $2,15 /kg, el agua empleada fueron 6,92 l por charola a 0,17 cen-

tavos, de cloro se emplearon 250 ml a 0,95 centavos, el jornal se determinó a $5/charola por día; el costo de la instalación e inversión inicial fue de $186 685,25, valor que amortizado a siete años arroja una cantidad de $26 669,40/año lo que dividido entre los 183 960 kg de FVH por año, da un valor de 0,14 centavos/kg de FVH. Por lo anterior, el costo de producción de un kg de FVH es de $1,09/kg de FVH, valor muy superior a $0,41/kg reportado por Valdivia (1996), esa diferencia se debe entre otros aspectos al incremento que han tenido, a través del tiempo, los insumos el material y el equipo a lo que se suma el hecho de que dicho autor no incluye en el costo las instalaciones y el equipo.

6. Aceptación del FVH

Una vez obtenida la producción se procedió a ofrecer FVH mezclado con ensilado de maíz, concentrado, alfalfa y paja de sorgo, mezcla que fue excelentemente aceptada por los animales (figura 9). La aceptación del FVH concuerda con lo obtenido por Valdivia (1996), quién realizó pruebas de consumo en cerdos, ovinos, avestruces, equinos, camélidos y bovinos sin problemas de aceptación. Valdivia (1996), en una prueba de producción con ganado lechero, alimentó a cinco vacas durante 15 días con 18 kg/vaca/día, además de ensilaje de maíz, concentrado, rastrojo de maíz y melaza, granos de sorgo y maíz molidos y obtuvo los siguientes resultados: La producción de leche se elevó en un 18%; la producción de grasa fue un 15,2 % mayor en las vacas bajo estudio; durante seis días después de que se eliminó el suministro de FVH las vacas casi no consumían ensilaje y buscaban su ración de FVH.

Figura 9. Alimentación del ganado con la mezcla de forraje verde hidropónico.

En otra prueba de producción en un establo con 700 vacas en producción Lomelí (2000), al proporcionar el FVH logró incrementos en la producción de leche en un 4,2 %, además la producción de grasa en leche se incrementó en un 7,2%.

Tarrillo (sf), indica que el FVH ha sido y está siendo utilizado en diversos establos lecheros del Departamento de Arequipa, obteniendo las siguientes ventajas: el aumento de la producción de leche hasta niveles del 20%, también se elevó el porcentaje de grasa y sólidos totales en la leche; se mejoró la condición corporal del animal; se redujeron los días vaca-vacía, se presentó una menor incidencia de mastitis y menor presencia de retención placentaria, lo mismo ocurrió con el estrés calórico.

CONCLUSIONES

En el esquema de FVH se obtienen grandes rendimientos de forraje, producidos en pequeñas áreas sin requerir gran cantidad de maquinaria y además se hace un uso más eficiente del agua.

La técnica recomendada para la producción de FVH es seleccionar la semilla de cebada y desinfectarla, establecer las medidas de las charolas conforme al espacio del invernadero, desinfectarlas, mezclar paja de trigo con el grano de cebada, ubicar esa mezcla en la charola, colocar éstas inclinadas en estantes verticales. Regar las charolas, mediante un sistema de riego por goteo, dos minutos cada dos horas. A los 8 días cosechar el FVH y ofrecerlo al ganado.

En definitiva el FVH es muy bien aceptado por el ganado bovino lechero, por lo que es deseable realizar pruebas que involucren una mayor cantidad de FVH en la dieta y observar su efecto sobre los diversos parámetros productivos, reproductivos y de salud animal. Es aconsejable también, trabajar más sobre la tasa de uso del agua (TUA) del FVH buscando su eficiencia, aún más, el uso de ese líquido; una de las maneras de hacerlo es optimizando la combinación del sistema de riego por goteo y el uso de paja molida para mejorar la uniformidad de la humedad en charolas.

REFERENCIAS

Aguilera, C. M y Martínez, E. R. (1996). *Relaciones agua suelo planta atmósfera*. 4ta. Edición. Universidad Autónoma de Chapingo.

Carambola, M. y J. Terra. (2000). *Las sequías: antes, durante y después*. INIA. Treinta y tres. Montevideo Uruguay.

Ceballos, C. J. y E. García, P. (1992). *Cultivos hidropónicos. "Nuevas técnicas de producción"*. Mundi-prensa. Madrid. P.176-178.

FAO. (2001). Manual Técnico. *Forraje Verde Hidropónico*. Organización de las Naciones para la agricultura y la alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

Galvan Castillo F. (2002). *La agricultura en Guanajuato. Problemática, datos y cifras*. Camportunidades. 54.

Gil V. I. e I. Miranda V. 2000. *Producción de tomate rojo en hidroponía bajo invernadero. "Manual de manejo"*. Serie de publicaciones AGRIBOT, Chapingo, México. Diciembre 2000. Universidad Autónoma de Chapingo.

Howard M. (1992). *Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción*. Mundi Prensa. Madrid.

Lomelí Z. H. M. (2000). *Forraje verde hidropónico. El forraje del futuro…Hoy. Agrocultura.* 63. 15-18.

Montesinos S. G. 1983. *Crecimiento y desarrollo del tomate (Lycopersicum esculentum Mill) en 5 fechas de siembras en la región central del Bajío*. Tesis profesional. EAZ – Universidad de Guanajuato.

Morales O. A. F. (1987). *Forraje verde hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados*. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.

Rivera P. F de J., M. Hernández M., F. Galván C., L. G. García F. y R. Betancourt M. (Sf). *Alternativas forrajeras para Guanajuato*. Secretaria de Desarrollo Agropecuario.

Rodríguez Ramírez, H. E. C. Rodríguez M., A. Flores M., I. Sánchez E. y A. Grado A. (2003). *Utilización del forraje verde hidropónico como suplemento para vacas lactantes durante la sequía. Hidroponía. Lo más cerca del futuro*: 147-149.

Rodríguez de la R., G. S. (2003). *Forraje verde hidropónico. Hidroponía. Lo más cerca del futuro*: 87-98.

Romero, V. M. E. (2009). *Producción de forraje verde en Hidropónia*. TecnoAgro. Avances Tecnologicos y Agrícolas. www.tecnoagro.com.mx. No. 51. Marzo-abril 2009..

Tarrillo, O. H. (Sf). *Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal*. www. forrajehidroponico.com. 5 p.

Valdivia B. E. (1996). *Producción de forraje verde hidropónico (FVH). Curso taller internacional de Hidroponía*. Lima Perú, 25-29 de marzo de 1996.